

# DEVRELER ve SİSTEMLER

BIMU2058 – CSBM2092

Yrd. Doç. Dr. Fatih KELEŞ

## İÇERİK

Kullanışlı (Pratik) Yöntemler

- ▶ Süperpozisyon (Toplamsallık)
- ▶ Kaynak Dönüşümü
- ▶ Thévenin ve Norton Teoremleri
- Maksimum Güç Transferi

2

## Devre Çözüm Yöntemleri

### Sık Kullanılan Yöntemler

- ▶ Düğüm gerilimleri yönt.
- ▶ Çevre akımları yönt.
- ▶ Süperpozisyon (doğrusallık, toplamsallık)
- ▶ Kaynak dönüşümü
- ▶ Thévenin ve Norton Teoremleri

3

## Doğrusallık ve Süperpozisyon

- ▶ Doğrusallık, çarpımsallık ve toplamsallık özelliklerinin her ikisini birden sağlanmasıdır.
- ▶ Doğrusal devrelerin analizi doğrusal olmayanlara göre daha kolaydır, bunun için doğrusal devrelere yönelik daha kolay analiz yöntemleri vardır.
- ▶ Doğrusallığın en önemli sonucu olarak süperpozisyon prensibi düşünülebilir.
- ▶ Süperpozisyon (toplamsallık) prensibi, birden fazla bağımsız kaynağa sahip olan doğrusal bir devrede yanıtın, bağımsız kaynakların tek başına devredeyken oluşturduğu yanıtların toplanmasıyla elde edilmesine dayanır.

4

## Doğrusal Elemanlar ve Devreler

- ▶ Doğrusal bir devre doğrusal akım–gerilim ilişkisine sahiptir:
  - Eğer  $i(t)$  girişi  $v(t)$  çıkışı üretiyorsa,  $Ki(t)$  girişi  $Kv(t)$  çıkışı üretir.
  - Eğer  $I_1(t)$  girişi  $v_1(t)$  çıkışı ve  $I_2(t)$  girişi  $v_2(t)$  çıkışı üretiyorsa,  $I_1(t) + I_2(t)$  girişi  $v_1(t) + v_2(t)$  çıkışı üretir.
- ▶ Dirençler ve kaynaklar doğrusal elemanlardır.
  - Bağımlı kaynakların doğrusal elemanlar olabilmesi için kontrol bağıntılarının doğrusal olması gerekir.
- ▶ Doğrusal bir devre sadece doğrusal elemanlardan oluşur.
  - Doğrusal devreler çarpımsallık ve toplamsallık özelliklerini sağlayan devrelerdir.

5

## Süperpozisyon (Toplamsallık) Teoremi

İki veya daha fazla bağımsız kaynak içeren doğrusal bir devrede ilgilenilen herhangi bir elemandaki yanıt, sıra ile devrede bırakılan her bir kaynağın tek başına oluşturduğu yanıtların toplamına eşittir.

Devrede sadece bir kaynağın bırakılıp diğer kaynakların devre dışı bırakılması işlemi:

- Tüm diğer bağımsız gerilim kaynakları kısa-devre ile değiştirilir ve
- Tüm diğer bağımsız akım kaynakları açık-devre ile değiştirilir.
- ✦ Bağımlı kaynaklar devre dışı bırakılmaz, her zaman devrededir.

6

## Süperpozisyonun Uygulanması

- Sadece bir kaynak devrede, diğer tüm kaynaklar devre dışı:
  - Gerilim kaynakları:  $v=0$  yapılır. Kısa-devre halini alır.
  - Akım kaynakları:  $i=0$  yapılır. Açık-devre halini alır.

Bu kaynağın cevabı bulunur.

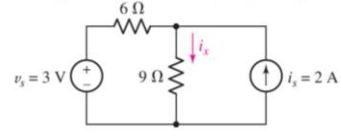
- Toplam yanıtı bulmak için çıkan sonuçlar toplanır.



7

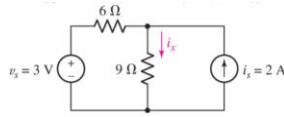
## Örnek

Süperpozisyon teoremini kullanarak  $i_x$  akımını bulunuz.



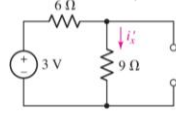
8

## Örnek



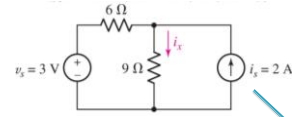
İlk olarak gerilim kaynağı devrede bırakılıp, akım kaynağı devre dışı bırakılırsa;

$$i'_x = \frac{3}{6+9} = 0.2$$



9

## Örnek



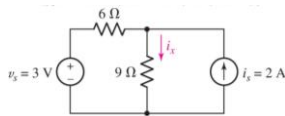
Sonra gerilim kaynağı devre dışı bırakılırsa:

$$i'_x = \frac{6}{6+9} (2) = 0.8$$



10

## Örnek



Son olarak sonuçlar toplanırsa:

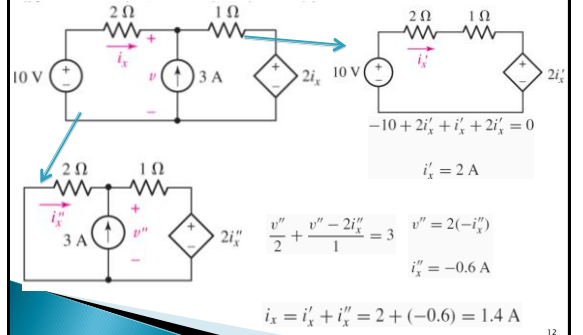
$$i_x = i'_x + i''_x = 0.2 + 0.8 = 1.0$$

veya

$$i_x = i_{x|3V} + i_{x|2A} = i'_x + i''_x$$

11

## Bağımlı kaynaklı örnek

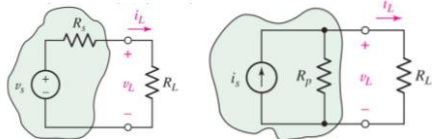


12

## Kaynak Dönüşümü ve Eşdeğer Devreler

Akım ve gerilim kaynakları, devrenin geri kalan kısmı etkilenmeden kendi aralarında değiştirilebilir. Böyle kaynaklara eşdeğer kaynaklar denir.

Bu yöntem, bağımlı kaynaklar için çok kullanışlı olmasa da hem bağımsız hem de bağımlı kaynaklara uygulanabilir.

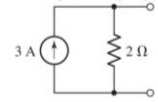


$R_s = R_p$  ve  $v_s = i_s R_s$  ise kaynaklar eşdeğerdir.

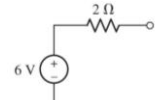
13

## Kaynak Dönüşümü

- Uçlarından bakıldığında, a ve b devreleri eşdeğer devrelerdir.
- a devresi verilmiş fakat b devresi çözüm için daha uygun ise bu durumda b devresi kullanılır.
- Bu işlem, kaynak dönüşümüdür.



(a)

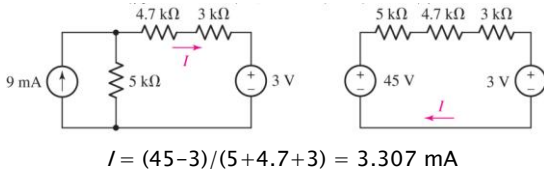


(b)

14

## Örnek

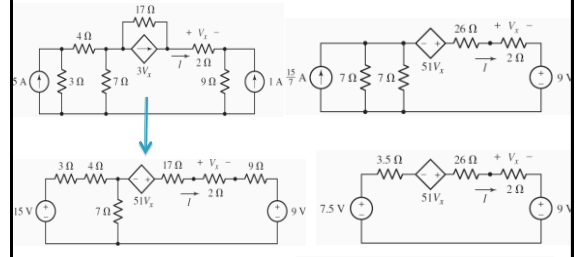
Aşağıda gösterildiği gibi kaynak dönüşümü yöntemi kullanılarak  $I$  akımı kolayca bulunabilir.



$$I = (45 - 3) / (5 + 4.7 + 3) = 3.307 \text{ mA}$$

15

## Bağımlı Kaynaklı Örnek



$$-7.5 + 3.5I - 51V_x + 28I + 9 = 0$$

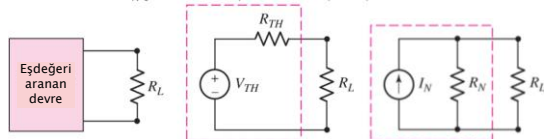
$$V_x = 2I$$

$$I = 21.28 \text{ mA}$$

16

## Thévenin ve Norton Eşdeğer Devreleri

Thévenin teoremi, yük direnci dışında kalan devrenin yerine bir bağımsız gerilim kaynağı ve buna seri bir direnç konulduğunda yük direncinin cevabının değişmeyeceğini ifade eder.



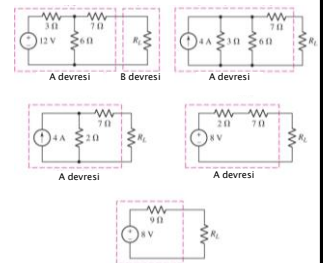
Norton eşdeğer devresi, Thévenin eşdeğer devresinin kaynak dönüşümü uygulanmış halidir.

$$R_{TH} = R_N = R_{eş} \text{ ve } V_{TH} = I_N R_{eş}$$

17

## Kaynak Dönüşümü Kullanılarak Thévenin Eşdeğerinin Elde Edilmesi

- Tekrarlı kaynak dönüşümü uygulanarak A devresinin Thévenin eşdeğer devresi bulunabilir.
- Sınırlı bir yöntemdir:
  - Her devreye kaynak dönüşümü uygulanamayabilir.



$$P_L = \left( \frac{8}{9 + R_L} \right)^2 R_L$$

18

## Thévenin Eşdeğerinin Bulunması

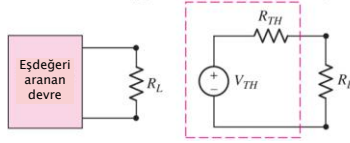
- Yük çıkarılarak uçlar açık-devre yapılır. (OC)
- Açık-devre gerilimi,  $V_{oc}$  bulunur.
- Tüm bağımsız kaynaklar devre dışı yapılarak eşdeğer direnç,  $R_{eş}$  bulunur.

Sonra:

$$V_{TH} = V_{oc}$$

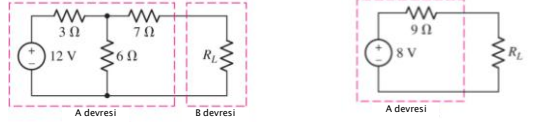
$$R_{TH} = R_{eş}$$

elde edilir.



19

## Thévenin Örneği



$$V_{oc} = 12 \left( \frac{6}{3+6} \right) = 8 \text{ V}$$

$$R_{TH} = R_{eş} = 3 \parallel 6 + 7 = 9 \Omega$$

20

## Norton Eşdeğerinin Bulunması

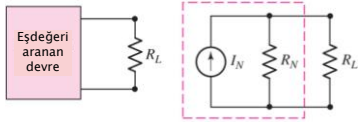
- Yük çıkarılarak uçlar kısa-devre yapılır. (SC)
- Kısa-devre akımı,  $i_{sc}$  bulunur.
- Tüm bağımsız kaynaklar devre dışı yapılarak eşdeğer direnç,  $R_{eş}$  bulunur.

Sonra:

$$I_N = i_{sc}$$

$$R_N = R_{eş}$$

elde edilir.



21

## Thévenin ve Norton Eşdeğeri

Kaynak dönüşümünden:

$$R_{TH} = R_N = R_{eş} \text{ ve } V_{TH} = I_N R_{eş}$$

Bağımlı kaynaklar var ise;

$$V_{oc} = R_{TH} I_{sc}$$

kullanılarak,

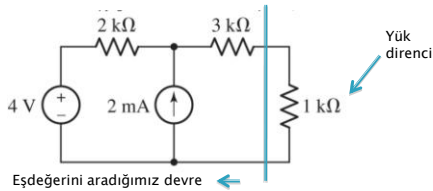
$$R_{TH} = V_{oc} / I_{sc}$$

elde edilir ve eşdeğer direnç için bu bağıntı kullanılır.

22

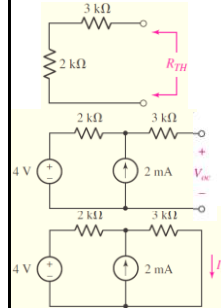
## Örnek: Thévenin ve Norton

1 kΩ'luk dirençten görülen Thévenin ve Norton eşdeğer devrelerini bulunuz.



23

## Örnek: Thévenin ve Norton



$$R_{TH} = 2 \text{ k}\Omega + 3 \text{ k}\Omega = 5 \text{ k}\Omega$$

Toplamsalılık teoremi kullanılarak;

$$V_{oc|4V} = 4 \text{ V}$$

$$V_{oc|2mA} = (0.002)(2000) = 4 \text{ V}$$

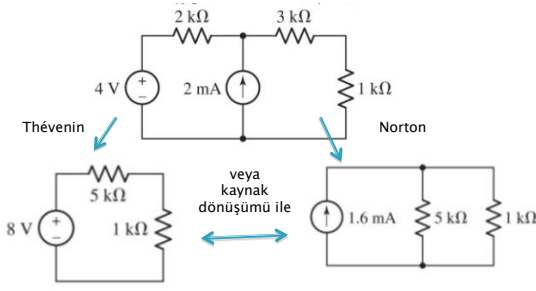
$$V_{oc} = 4 + 4 = 8 \text{ V}$$

Toplamsalılık teoremi ve akım bölücü kullanılarak;

$$I_{sc} = I_{sc|4V} + I_{sc|2mA} = \frac{4}{2+3} + (2) \frac{2}{2+3} = 0.8 + 0.8 = 1.6 \text{ mA}$$

24

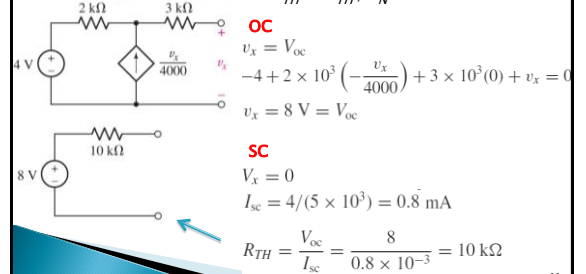
## Örnek: Thévenin ve Norton



25

## Bağımlı kaynaklı örnek

Bağımlı kaynaklı devrelerde Thévenin eşdeğer devresi bulunurken;  $V_{TH}$  ve  $I_N$  bulunur buradan  $R_{TH} = V_{TH} / I_N$  elde edilir.



26

## Sadece bağımlı kaynaklı örnek

$V_{TH} / I_N$  oranı elde edilemez çünkü ikisi de sıfırdır.

Çözüm: bir test kaynağı uygulanır..



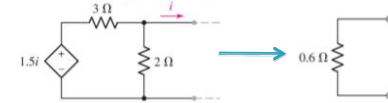
27

## Sadece bağımlı kaynaklı örnek

$$\frac{v_{test}}{2} + \frac{v_{test} - (1.5i)}{3} = 1$$

$$i = -1$$

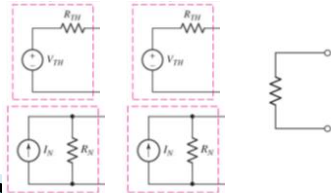
$v_{test} = 0.6 \text{ V}$ , böylece  $R_{TH} = 0.6 \Omega$  olur.



28

## Thévenin ve Norton – Tablo

Yöntem	Bağımsız kay. ve dirençler	Tüm kaynaklar ve dirençler	Bağımlı kay. ve dirençler
$V_{oc}$ , $I_{sc}$ ve $R_{TH}$	✓	-	-
$V_{oc}$ , $I_{sc}$ ve $R_{TH} = V_{oc} / I_{sc}$	olabilir	✓	-
$V = 1 \text{ V}$ , $I = 1 \text{ A}$ , $R_{TH}$	-	-	✓



## Maksimum Güç Transferi

Amaç kaynaktan yüke maksimum güç aktarmaktır.

$$p_L = i_L^2 R_L = \frac{v_s^2 R_L}{(R_s + R_L)^2}$$

$$\frac{dp_L}{dR_L} = 0$$

$$\frac{dp_L}{dR_L} = \frac{(R_s + R_L)^2 v_s^2 - v_s^2 R_L (2)(R_s + R_L)}{(R_s + R_L)^4}$$

$$2R_L(R_s + R_L) = (R_s + R_L)^2$$

$$R_s = R_L$$

30